

# 中继协作传输的吞吐量分析

□ 胡勇 王建新 厦门大学 信息科学与技术学院

**【摘要】** 在无线自组织网络中,通过中继节点协作传输,可在接收端形成分集增益,使得在信道条件较差时也能进行高速、可靠地无线通信。本文提出了一个新的协议,围绕以下三个问题作了分析:何时进行协作,如何选择协作节点,协作节点怎样转发数据包。本文最大的不同是,根据目的节点正确解调需要的信噪比,来调节中继节点向目的节点转发数据时的发送功率,从而减小协作传输的能耗,并在一定程度减小了协作传输干扰范围,增加了网络中可激活的链路条数,提高了网络吞吐量。

**【关键词】** 协作传输 功率可调 能量受限网络 网络节点寿命

## 一、引言

协作分集作为一种虚拟多天线分集技术,可以为单天线网络终端提供分集增益,是解决无线信道多径衰落的一种有效技术,这对于能量受限网络具有重要的价值。

关于协作分集技术, Laneman 等深入研究了分集的实现策略,提出了固定中继、选择中继和增量中继三种策略对于协作中继的选择。Bletsas[3]首先将 MAC 层的机会性中继选择与物理层的协作分集相结合,在文献[2]提出的方案中,候选中继利用 MAC 层的 RTS / CTS 获得源与中继以及中继与目的之间的信道状态信息,并根据不同准则将这两个信道的信息进行综合,从而获得了一个信道的综合量度。

本文提出的协议是基于机会协作的,根据相关的信道条件来选择中继节点,中继节点以目的节点解调所要求的最小信噪比来调节发送功率,从而达到减小能耗和干扰范围的目的。

## 二、系统模型

网络中所有节点相对静止,且所有节点可以通过与另一节点交互信息获得当前信道的衰落信息。交换信息主要有 RTS, CTS, RTH 等。

与之前的协作协议最大不同是,本协议中继节点的发送功率是可调节的,发送功率大小可通过下式决定:

$$\frac{P_{r,\min} * H_{rd}^2 + P_s * H_{sd}^2}{N} = SNR_0 \quad (1)$$

其中  $P_{r,\min}$  是要求中继节点提供的最小发送功率,  $H_{rd}$  是中继节点和目的节点之间的信道衰落参数,  $H_{sd}$  是源节点和目的节点之间的信道衰落参数,  $N$  是噪声功率,  $SNR_0$  是目的节点正确解调所要求的最小信噪比阈值。中继节点根据  $P_{r,\min}$  调节自身的发送功率。

## 三、协作协议的设计

本协议是基于 802.11 设计的,如图(1)所示,假设 S 为本次传输的源节点, D 为本次传输的目的节点。

如果 SD 间信道的通信状态良好 ( $h_{sd} \geq h_0$ ,  $h_0$  为预先确定的阈值),则采用直接传输;如果 SD 间的信道条件较差 ( $h_{sd} \leq h_0$ ),则采用协作传输。协作传输首先要确定协作

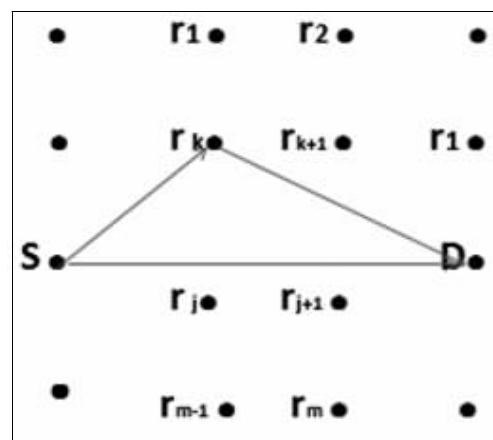


图1 联单协作传输示例

节点,如图(1),假设节点  $R_i = \{r_1, r_2, r_3, \dots, r_n, r \geq 0\}$  都是源节点 S 和目的节点 D 的邻居节点,收到目的节点广播的 CTS 后,与目的节点间信道条件比较差的邻居节点,不采取任何动作;与目的节点间信道条件比较好的节点  $R_2 = \{r_1, r_2, r_3, \dots, r_m, r \geq 0\}$ ,向源节点 S 发送请求协作的信令 RTH, S 节点根据收到的 RTH,计算出最好的中继节点,即

$$h_i = \frac{2}{\frac{1}{|h_{si}|^2} + \frac{1}{|h_{id}|^2}} \quad (i=1, 2, 3, \dots, m) \quad (2)$$

最大的节点,假设为节点  $r_k$ 。在数据传输时,源节点 S 以固定地功率  $P_0$  同时给中继节点  $r_k$  和目的节点 D 发送数据,中继节点  $r_k$  计算出满足目的节点要求信噪比下的最小发送功率  $P_r$ ,并以  $P_r$  的功率转发数据给目的节点 D。

## 四、性能分析

为了分析网络的总吞吐量,必须分析单次传输的平均吞吐量以及网络中可激活的链路条数。首先,从干扰范围的角度分析网络的总链路条数。

现在,分析下单次直接传输和协作传输下的干扰面积,假设单个发射节点的干扰面积用  $S = \beta P^2$  表示,  $P$  为发送功率,  $\beta$  为固定常数。协作传输链路的干扰范围 CLIR 可以用一个椭圆等效表示[4],椭圆大小约等于源节点、中继

# 三级接入光缆网建设方式研究

□ 王立军 中国移动通信集团设计院有限公司广东分公司  
曾振林 中国移动通信集团设计院有限公司

【摘要】 文章通过对广东移动目前多个地市宽带接入光缆网的通用建设模型分析,提出后期面向全业务接入建设“一张光缆网”的建设思路,并对光纤网结构、光缆网组网方式的建设原则分析,为工程建设提供建设参考。

【关键词】 光缆网 三级接入 光缆分纤

## 一、概述

为了适应中国移动全业务接入光缆网络的标准化建设需要,规模性推进家庭客户、集团客户的集约化建设,实现产品化、流水线作业,提升端到端的建设协同能力,从而达到有效控制建设投资、提升工程质量、缩短施工工期的目的,根据中国移动集团公司和广东省公司的相关指导意见及建设原则,并参照有关规定和要求,制定本设计思路。

## 二、三级接入光缆网结构及设计范围

### 2.1 光缆网结构

节点和目的地节点三个节点干扰范围的并集。可以根据几何关系计算出直接传输和协作传输下的平均干扰面积  $S_d$  和  $S_c$ ,与已激活单条链路不发生干扰的概率为  $Q=1-S/S_i$ ;

则在总链接数为  $n$  条可激活的概率为

$$p(k, n) = p(k-1, n-1)Q^{k-1} + p(k, n-1)(1-Q^k) \quad (3)$$

激活链接条数的期望值为

$$\bar{k} = \sum_{k=1}^N k \cdot p(k, n) \quad (4)$$

单条链路的平均吞吐量,可参考文献[5],总时延时 MAC 层时延和数据传输时延的和:

$$E[T_i] = E[D_m] + E[D_p] \quad (5)$$

平均吞吐量:

$$\bar{S} = P_d \cdot \frac{I}{E[T_{td}]} + P_c \cdot \frac{I}{E[T_{tc}]} \quad (6)$$

网络总的吞吐量为

$$S_{thr} = \bar{S} \cdot \bar{k} \quad (7)$$

广东全省各地市构建全业务接入光缆网络,将统一采用“综合业务接入点+接入主干/配线光缆环+用户配线光缆+末端接入光缆”的模式进行规划建设,详细模型示意如图1所示:

### 2.2 工程设计范围

三级接入光缆网围绕以综合业务接入点(OLT节点)为业务中心汇聚点建设,面向客户覆盖及接入,设计范围含各级光缆段、光分纤点、光节点设备等,如图2所示。

### 三、三级接入光缆定义

#### 3.1 光节点分类

我们假设在瑞利衰落信道下,每个数据包的数据长度  $L=900$  Bytes,接收端要求的误码率阈值为  $p_M=10^{-5}$ ,并分析计算三种协议的网络吞吐量,就会发现,在发送节点提供的信噪比较低时,协作传输的吞吐量比直接传送的要高,这是因为直接传输误码率较高,大量丢包,而采用协作传输,可以提高接收端的信噪比,减小误码率,提高网络吞吐量。随着发送节点提供的信噪比逐渐变大,三种协议的网络吞吐量都是先变大后变小,这是因为,发送信噪比提高,有利于减小单条链路的误码率,提高单条链路的吞吐量,但信噪比变大,链路干扰范围也会随之变大,整个网络中可激活的链路条数变少,因此总的网络吞吐量才会呈现出先变大后变小的趋势。此外,中继节点发送功率可调比固定中继节点发送功率的协作协议有更高的吞吐量,这是因为中继节点根据目的节点接收灵敏度要求适当降低发送功率,可以减小协作传输的干扰范围,使得网络中链路间的相互干扰减小,从而提高了网络的传输效率。

## 参 考 文 献

- [1] Laneman J N, Tse D N, Wornell G W. "Cooperative diversity in wireless networks- efficient protocols and outage behavior," IEEE Trans. Inf. Theory, vol.50(12), pp. 3062- 3079, 2004.
- [2] A.Bletsas, A.Khisti, D.P Reed, A.Lippman, "A simple cooperative diversity method based on network path selection," Journal on selected areas in communication, vol.24(3), pp. 659- 672, March 2006.
- [3] A Bletsas, D P Reed, A Lippman, "A simple distributed method for relay selection in cooperative diversity wireless networks based on reciprocity and channel measurements," Proceeding of 61st IEEE semiannu Vech Technol Conf [C], Stockholm, Swede, pp. 1484- 1488, May 2005.
- [4] Yong Zhou, Weihua Zhuang, "Beneficial Cooperation Ratio in Multi- hop Wireless Ad Hoc Networks," Department of Electrical and Computer Engineering, University of Waterloo, Waterloo.
- [5] Sanghoon Kim, "Energy and Rate Tradoff for Wireless Sensor Network.